

# 히스토그램 쉬프팅 기법을 이용한 리버서블 워터마킹

## (Reversible Watermarking Based On Histogram Shifting)

황진하<sup>†</sup>      김종원<sup>\*\*</sup>      최종욱<sup>\*\*\*</sup>  
(Jin Ha Hwang)      (Jong Weon Kim)      (Jong Uk Choi)

**요약** 본 논문에서는 워터마크가 삽입된 이미지의 복원을 위한 리버서블 알고리즘을 제안한다. 기존의 워터마킹 기법에서는 정보 삽입 때문에 원본 이미지에 열화를 발생시키지만 본 알고리즘은 워터마크 추출 후 워터마크가 삽입된 이미지로부터 열화를 제거하여 원본 이미지를 복원시킨다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 이미지 히스토그램의 최대점과 로케이션 맵을 이용하여 이미지의 열화를 인지할 수 없도록 픽셀 값에 약간의 변화만을 주어 워터마크를 삽입한다. 히스토그램의 최대점과 로케이션 맵을 이용함으로써 수신측에 부가적인 정보를 전달할 필요가 없다. 또한 로케이션 맵을 이용하여 워터마크 삽입 지점을 파악할 수 있기 때문에 반복 삽입을 통하여 정보 삽입량을 증가시킬 수 있다.

**키워드** : 워터마킹, 리버서블, 인증, 히스토그램 쉬프팅

**Abstract** In this paper, we propose a reversible watermarking algorithm where an original image can be recovered from the watermarked image. Most watermarking algorithms cause degradation of image quality in original digital contents in the process of embedding watermarks. In the proposed algorithm, the original image can be obtained when the degradation is removed from the watermarked image after extracting watermark information. In the proposed algorithm, we utilize a peak point of image histogram and the location map and modify pixel values slightly to embed data. Because the peak point of image histogram and the location map are employed in this algorithm, there is no need of extra information transmitted to the receiving side. As the locations watermark embedding are identified using the location map, the amount of watermark data can increase through recursive embedding.

**Key words** : Watermarking, Reversible, Authentication, Histogram Shifting

### 1. 서론

컴퓨터와 인터넷의 발전을 통해 디지털 세계는 급속도로 변화해 가고 있다. 멀티미디어 매체들이 디지털화되면서 사람들은 아날로그 시대보다 손쉽게 멀티미디어 매체들을 접할 수 있게 되었다. 하지만 0과 1로 대변되는 디지털의 특성 때문에 손쉽게 복사할 수 있고, 배포될 수 있다는 문제점이 지적되어 왔다. 이러한 디지털 미디어에 대한 불법 복제 및 배포가 무분별하게 이루어지면서 디지털 미디어 저작권자들은 저작권을 보호할

수 있는 기술에 관심을 가지게 되었다. 디지털 미디어의 저작권을 보호할 수 있는 여러 기술 중에 워터마킹 기술에 대한 연구가 각광을 받아오고 있다. 워터마킹 기술은 저작권 정보를 삽입하기 위해서 디지털 미디어 정보의 일부분을 변경하게 된다. 워터마킹 기술이 비가시성이라는 워터마킹 특성을 만족시키기 위해 인간 시각 시스템 등을 적용하여 디지털 미디어의 정보를 사람들이 인지할 수 없을 정도로만 변경을 수행하지만, 디지털 미디어의 원래 정보를 복원할 수는 없었다. 의료 이미지나 군 관련 이미지 등 원본 이미지에서의 조그만 변화가 큰 의미를 나타낼 수 있는 응용 분야에서는 워터마크 추출 후 원본 이미지로의 복원이 하나의 요구사항으로 나타났다. 이에 최근 수년간 워터마크 추출 후 원래 정보로 복원할 수 있는 리버서블 워터마킹 기술에 대한 연구가 이루어져 왔다[1-3].

현재까지 연구된 리버서블 워터마킹 기술은 크게 데

<sup>†</sup> 정 회 원 : 상명대학교 디지털저작권보호연구센터 연구원  
auking45@smu.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : 상명대학교 디지털저작권보호연구센터 교수  
jwkim@smu.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원 : 상명대학교 소프트웨어대학 교수  
juchoi@smu.ac.kr

논문접수 : 2006년 9월 18일

심사완료 : 2007년 3월 16일

이타 압축을 이용한 방법[2,3], 공간확장을 이용한 방법 [4,5]과 히스토그램을 이용한 방법[6,7]으로 구분할 수 있다. 히스토그램을 이용한 방법 중 Ni[6]가 제안한 방법은 히스토그램의 최대점과 최소점을 이용하여 워터마킹을 삽입하는 방법으로 48dB 이상의 우수한 비가시성을 보였다. 최대점에 워터마크를 삽입함으로써 높은 정보 삽입량을 얻을 수 있지만 워터마크 삽입 후 최대점의 위치가 변하기 때문에 삽입된 정보를 추출하기 위해서는 히스토그램의 최대점과 최소점을 오버헤드 정보로 부가적으로 알고 있어야 하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 히스토그램의 최대점 및 최소점을 이용하여 정보를 삽입하되, 로케이션 맵을 생성하여 워터마크와 함께 이미지에 삽입함으로써 이미지 복원을 위한 부가 정보가 필요하지 않으며, 로케이션 맵의 확장을 통해 반복적으로 정보를 삽입함으로써 정보 삽입량을 향상시킬 수 있는 리버서블 워터마킹 기법을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 리버서블 워터마킹 기술과 기존 연구들을 비교, 분석하며, 3장에서는 제안한 리버서블 워터마킹 알고리즘에 대해 서술하며, 4장에서는 제안한 워터마킹 알고리즘 실험 결과를 분석하고, 5장에서는 결론에 대해 기술한다.

## 2. 리버서블 워터마킹 알고리즘

리버서블 워터마킹 알고리즘은 최근 특정한 응용분야(군사용 데이터 혹은 의료 이미지 데이터)에서 각광 받고 있는 연성 워터마킹의 한 분야로 콘텐츠에 연성 워터마크를 삽입한 후, 콘텐츠 인증 및 무결성 검사와 같은 여러 가지 목적으로 사용할 수 있다. 리버서블 워터마킹 알고리즘의 가장 큰 장점은 정보 삽입 때문에 발생하는 열화를 정보 추출 후 제거하여 원본으로 복원할 수 있다는 점이다. 최근에 여러 가지 방식의 리버서블 워터마킹 알고리즘이 제안되었는데, 그 중 대표적인 방식 세 가지에 대해 살펴보면 다음과 같다[8].

### 2.1 데이터 압축을 이용한 리버서블 워터마킹 알고리즘

이 기법은 대표적인 리버서블 워터마킹 기법으로 삽입 공간을 압축함으로써 정보를 삽입하는 기법이다. 삽입 공간 압축을 통해 확보된 추가 공간에 원본 이미지를 복원하기 위한 정보를 삽입한다. 이 기법의 대표적인 예는 Fridrich가 제안한 논문에서 확인할 수 있다[2,3]. 이 기법은 이미지를 블록 단위로 나누어서 정보를 삽입하면 더욱 효과적이며 원본 이미지를 복원하기 위해 반드시 비 손실 압축 기법을 이용해야 한다.

### 2.2 공간 확장을 이용한 리버서블 워터마킹 알고리즘

이 기법은 원본 이미지의 특성을 포함할 수 있는 작은 값을 생성하여 그 값을 확장함으로써 확장된 공간에 정보를 삽입하는 기법이다. 보통 확장된 값의 최하위비

트에 워터마크를 삽입한다. Tian의 알고리즘 같은 경우 정수형 웨이블릿 변환 방법으로 이미지의 차이 값과 평균값을 이용하여 원본 이미지의 특성 값을 생성한 후 특성 값을 확장하여 그 공간에 정보를 삽입한다[4]. 이 기법은 이미지의 차이 값을 이용하기 때문에 픽셀 간의 차이가 작은 저주파 이미지에서 효과적이다.

### 2.3 히스토그램을 이용한 리버서블 워터마킹 알고리즘

이 기법은 히스토그램의 값을 수정하여 정보 삽입 공간을 생성하여 정보를 삽입하는 기법이다. Ni의 알고리즘은 히스토그램의 최대점과 최소점을 선택한 후 히스토그램 값을 수정함으로써 우수한 PSNR과 높은 정보 삽입량을 보였으나 부가적인 정보가 필요한 단점이 있었다[6]. 또한 Lee의 알고리즘은 Ni의 문제점을 해결하기 위해 차분 이미지에서 차이 값이 -1 또는 1인 위치에 정보를 삽입함으로써 Ni의 알고리즘이 가지는 단점은 해결하였으나 오버플로우를 해결하기 위한 모듈로 연산 때문에 Salt & Pepper 잡음 현상을 보이는 단점이 존재했다[7].

이러한 기존의 방식들은 차이점과 유사점을 지니며 상호 보완점을 통해 현재 계속적으로 발전되고 있는 상황이다. 본 논문에서는 히스토그램을 이용한 리버서블 워터마킹 알고리즘을 제안하였으며, 로케이션 맵 구조를 이용함으로써 정보 삽입량을 향상시킬 수 있었다.

## 3. 제안한 리버서블 워터마킹 알고리즘

본 논문에서 제안한 리버서블 워터마킹 알고리즘은 원본 이미지의 히스토그램에서 최대점과 최소점을 선택하여 선택된 점 사이의 값을 갖는 픽셀들을 쉬프트시켜서 정보를 삽입하는 방법이다. 이미지 특성 상 최대점 좌, 우의 픽셀도 큰 값을 갖기 때문에 이 두 지점을 워터마크 삽입 위치로 선정한다. 그 후 히스토그램 값 중 최소점을 검색한 후 가능하면 최대점의 좌, 우에 최소점이 하나씩 위치하도록 선정하여 화질의 열화를 줄인다. Ni의 알고리즘의 경우 히스토그램의 최대점을 이용하기 때문에 정보 삽입 후 최대점이 사라지기 때문에 최대점의 정보를 수신측에 부가적으로 전달해야 하며 최소점의 위치 및 원래 최소점에 포함되는 픽셀들에 대한 정보도 함께 전달해야 한다. 본 논문에서는 히스토그램의 최대점 좌, 우 값을 이용하고, 최소점의 정보는 로케이션 맵을 이용하여 워터마크와 함께 이미지에 삽입함으로써 수신측에 부가적인 정보를 전달할 필요가 없게 된다.

### 3.1 삽입 알고리즘

그림 1은 제안된 알고리즘의 삽입 구조를 나타내고 있다.

삽입 알고리즘의 전체 구성을 보면 우선 원본 이미지의 히스토그램의 최대점을 구한 후 최소점을 검색하여

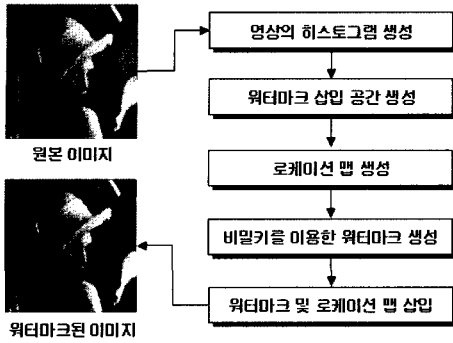


그림 1 워터마크 삽입 구조도

가능하면 최대점의 좌, 우에 위치하도록 두 점을 선택한다. 그 후 최소점 및 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀의 개수, 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀의 위치 정보를 포함하는 로케이션 맵을 생성하여, 랜덤하게 생성된 워터마크와 합하여 원본 이미지에 삽입할 페이로드를 생성한다.

$$P = LUW = p_1 p_2 \dots p_j \quad (1)$$

실제적으로 원본 이미지에 삽입되는 페이로드는  $P_i \in \{0,1\}$ ,  $1 \leq i \leq j$ 로써  $j$ 는  $P$ 의 비트 길이이고,  $L$ 은 로케이션 맵,  $W$ 는 삽입되는 워터마크를 나타낸다.

페이로드를 삽입할 공간을 생성하기 위해 히스토그램의 값을 쉬프트시킨다. 최대점의 좌, 우 지점에 있는 공간을 비움으로써 페이로드를 삽입할 공간을 생성하고, 전에 생성된 페이로드의 값에 따라 히스토그램의 값을 수정하면서 정보를 삽입하면 워터마크가 삽입된 이미지가 생성된다. 삽입 조건은 다음과 같다.

$$I'(i, j) = \begin{cases} I(i, j) + 1, & \text{if } I(i, j) = \text{Max} - 2 \text{ and } P = 1 \\ I(i, j) - 1, & \text{if } I(i, j) = \text{Max} + 2 \text{ and } P = 1 \\ I(i, j), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$P$ 는 페이로드를 나타내고,  $\text{Max}$ 는 히스토그램의 최대점,  $I$ 는 원본 이미지,  $I'$ 는 워터마크가 삽입된 이미지를 나타낸다.

### 3.2 로케이션 맵

제안한 알고리즘에서는  $N_i$ 가 제안한 알고리즘과는 다르게 원본 이미지 복원 시 부가적인 정보가 필요하지 않도록 최소점 및 최소점에 해당하는 픽셀의 위치 정보를 저장하는 로케이션 맵을 생성한다. 그림 2는 로케이션 맵의 구조를 나타낸다.

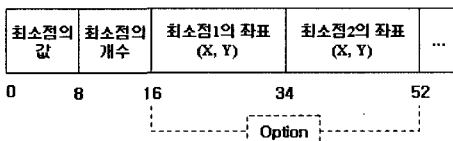


그림 2 로케이션 맵 구조도

로케이션 맵은 최소점, 최소점이 0이 아닐 경우 최소점에 속한 픽셀의 개수, 최소점의 값이 0이 아닐 경우 최소점에 속한 픽셀의 X, Y좌표를 나타내는 정보로 구성되어 있다. 최소점 정보는 히스토그램의 범위가 0~255이기 때문에 8비트로 표현하고, 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀의 개수도 8비트로 표현한다. 그 뒤로 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀의 X, Y좌표를 나타내는 정보를 저장하기 위해 각각 9비트씩 할당(512×512)하는데 이 정보는 선택적인 정보라서 최소점의 값이 0이 아닐 경우에만 로케이션 맵에 포함된다. 즉 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀의 개수가 0이면 이 정보도 로케이션 맵에 포함되지 않기 때문에 로케이션 맵으로 인한 정보 삽입량의 저하는 상당히 작다고 할 수 있다. 로케이션 맵이 워터마크와 함께 삽입됨으로써 삽입량은 조금 적어지지만, 수신측에 부가 정보를 따로 전달할 필요가 없게 된다.

### 3.3 히스토그램 쉬프팅

본 알고리즘에서는 로케이션 맵과 랜덤으로 생성한 워터마크를 합하여 생성된 페이로드를 삽입하기 위해서 히스토그램 값을 쉬프트시킨다.

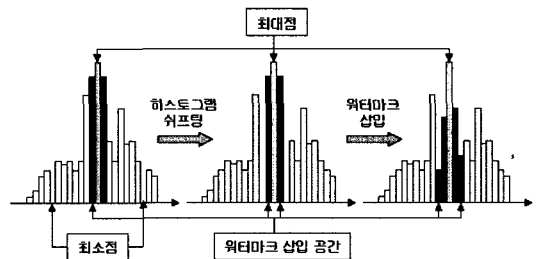


그림 3 히스토그램 쉬프팅 기법

그림 3은 Lena 이미지에 대한 히스토그램을 쉬프트시켜 페이로드를 삽입하는 방법을 나타내고 있다. 페이로드가 삽입되는 공간은 히스토그램의 최대점의 바로 좌, 우 지점이다. 그림 3에서 나타난 것처럼 최대점의 좌, 우 지점이 실제 페이로드가 삽입되는 지점으로 좌측 최소점의 우측 지점부터 최대점의 좌측 지점 사이의 픽셀은 -1을 수행하고, 최대점의 우측 지점부터 우측 최소점의 좌측 지점은 +1을 수행하여 페이로드를 삽입할 공간을 생성하는데, 이때 최소점 전까지만 연산을 수행함으로써 최소점의 위치만 알면 원본 이미지를 복원할 수 있게 되는 것이다. 이 과정을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$I'(i, j)$ 는 페이로드가 삽입된 이미지를 나타내고,  $I(i, j)$ 는 원본 이미지를 나타낸다.  $\text{Max}$ 는 히스토그램의 최대점이고,  $\text{min}(L)$ 과  $\text{min}(R)$ 은 각각 좌, 우측 최소점을 나타낸다.

$$I'(i, j) = \begin{cases} I(i, j) & , \text{if } I(i, j) = \text{Max} \\ I(i, j) - 1, & \text{if } \min(L) < I(i, j) < \text{Max} \\ I(i, j) + 1, & \text{if } \text{Max} < I(i, j) < \min(R) \end{cases} \quad (3)$$

3.4 추출 및 원본 이미지 복원 알고리즘

그림 4는 삽입된 워터마크의 추출 및 원본 이미지의 복원 구조를 나타낸다.

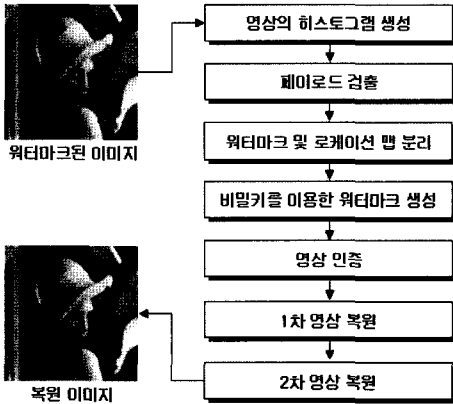


그림 4 워터마크 추출 및 복원 구조도

워터마크 추출 알고리즘은 워터마크가 삽입된 이미지로부터 히스토그램의 최대점을 찾는 것으로부터 시작한다. 최대점을 찾은 후 최대점의 좌, 우 지점에 있는 픽셀 값들로부터 페이로드를 추출해 낸다. 전체 이미지를 스캔하면서 최대점보다 2가 작거나 큰 픽셀을 만나면 0을 추출하고, 최대점보다 1이 작거나 큰 픽셀을 만나면 1을 추출해낸다. 이 과정을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$P = \begin{cases} 0, & \text{if } I'(i, j) = \text{Max} - 2 \text{ or } I'(i, j) = \text{Max} + 2 \\ 1, & \text{if } I'(i, j) = \text{Max} - 1 \text{ or } I'(i, j) = \text{Max} + 1 \end{cases} \quad (4)$$

페이로드를 추출하고 나면 페이로드로부터 로케이션 맵과 워터마크를 분리하여야 한다. 우선 최대점의 좌측에서 추출된 페이로드에서 처음 8비트 정보를 통해 최소점의 위치를 확인하고, 그 다음 8비트 정보를 이용하여 최소점이 0인지 아닌지를 확인한다. 최소점이 0이면 그 다음 비트부터가 실제 워터마크가 되고, 0이 아니면 0이 아닌 최소점의 위치 정보 이후부터가 실제 워터마크가 된다. 그 후 우측에서도 동일한 방법으로 로케이션 맵과 워터마크를 분리한다. 최종적으로 좌, 우측 워터마크를 합한 후 키를 이용하여 생성한 랜덤 워터마크와의 상관도를 구하여 워터마크가 동일함을 확인하여 이미지 인증을 수행한다.

이미지의 복원은 페이로드에서 분리된 로케이션 맵을 이용하게 된다. 로케이션 맵을 통해 최소점의 위치를 알

기 때문에 최소점부터 최대점의 좌, 우 지점까지 +1, -1을 수행하여 이미지를 복원할 수 있다. 이 과정을 식으로 나타내면 다음과 같다.  $I_o$ 는 복원된 원본 이미지를 나타낸다.

$$I_o(i, j) = \begin{cases} I'(i, j) + 1, & \text{if } \min(L) \leq I'(i, j) < \text{Max} - 1 \\ I'(i, j) - 1, & \text{if } \text{Max} + 1 < I'(i, j) \leq \min(R) \\ I'(i, j), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

위의 식을 통하여 1차적으로 원본 이미지를 복원한다. 최소점이 0인 값을 가질 경우 위의 방법만으로 원본 이미지가 복원되지만 최소점이 0이 아닌 값을 가지는 경우는 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀들을 2차적으로 복원해야 한다. 0이 아닌 최소점에 속한 픽셀들의 위치 정보가 로케이션 맵에 포함되어 있기 때문에 위치 정보를 이용하여 해당 픽셀을 최소점의 값으로 복원시키면 완전하게 원본 이미지를 복원시킬 수 있게 된다.

3.5 알고리즘 확장

본 논문에서 제안한 기본 리버서블 워터마킹 알고리즘은 2개의 지점을 정보 삽입 지점으로 선택하여 원본 이미지의 복원이 가능하게 하였다. 원본 이미지로의 복원이 가능하다는 것은 페이로드를 반복적으로 삽입할 수 있다는 것을 의미한다. 로케이션 맵을 확장함으로써 정보 삽입량을 크게 증가시킬 수 있었다. 확장된 로케이션 맵의 구조는 그림 5와 같다.

최소점의 값	최소점의 개수	다음 최대점의 값	최소점1의 좌표 (X, Y)	최소점2의 좌표 (X, Y)	...
0	8	16			
			24	42	60
				Option	

그림 5 확장된 로케이션 맵의 구조

확장된 로케이션 맵은 정보 삽입 지점을 2개 이상 선택할 수 있도록 하기 위해서 8비트의 정보를 추가한다. 기본 리버서블 워터마킹은 히스토그램의 최대점이 워터마크 삽입 후에도 변하지 않기 때문에 최대점의 좌, 우 지점을 알 수 있어 추가적인 정보가 필요하지 않았다. 그러나 2개 이상의 위치에 정보를 삽입하기 위해서는 최대점의 좌, 우 지점 이외에 가장 큰 값을 갖는 위치에 대한 정보가 필요하게 된다. 이 위치에 대한 정보를 추가로 확보하게 되면 정보를 반복적으로 삽입하는 것이 가능하게 된다.

3.5.1 삽입 알고리즘

워터마크를 삽입할 지점의 개수만큼 히스토그램에서 최소점을 찾는다. 구해진 최소점을 최대점을 중심으로 좌, 우로 나눈다. 그 후에 최대점 좌, 우 지점 이외의 최대점을 좌, 우에 있는 최소점의 개수보다 하나씩 작은 개수만큼 찾는다. 그림 6이 6개의 지점을 선택했을 때의

간단한 예를 보인다. 그림 6과 같이 최대점의 좌, 우에서 최소점과 최대점이 선택된다고 하면 최대점의 좌측부터 페이로드를 삽입하기 시작한다. 좌측의 3개 지점에서 가장 내부에 있는 최대점(150)과 최소점(2) 쌍을 이용하여 페이로드를 우선적으로 삽입한다. 최대점의 좌, 우 지점(155, 157)은 추가적인 정보 없이도 알 수 있기 때문에 가장 마지막에 그 위치에 페이로드를 삽입하여야 정상적으로 워터마크를 추출할 수 있게 된다.

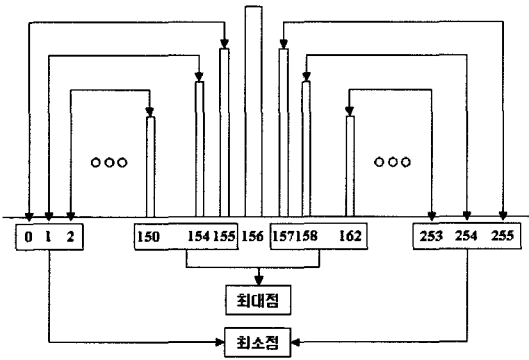


그림 6 6개 지점을 선택한 경우의 좌, 우 최대점과 최소점의 예

가장 내부에 있는 쌍에 우선적으로 페이로드를 삽입하기 위해 로케이션 맵을 생성하게 되는데 이때 다른 부분은 모두 기본 알고리즘과 동일하다. 하지만 확장 알고리즘에서는 로케이션 맵에 이전에 삽입된 최대점의 정보를 추가로 저장하게 된다.

위의 예에서 보던 첫 번째 쌍의 경우 이전에 삽입된 최대점이 없기 때문에 최대점의 정보는 0이 될 것이다. 154 지점에 정보가 삽입될 때는 이전 최대점의 정보가 150이 될 것이다. 이렇게 해서 최대점의 정보를 계속 저장함으로써 워터마크를 반복해서 삽입할 수 있고 추출

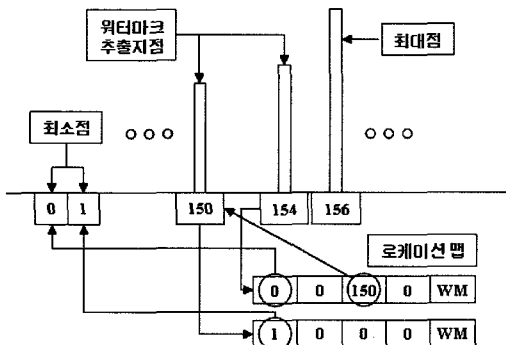


그림 7 확장 알고리즘을 이용하여 생성된 로케이션 맵의 구조의 예

및 복원이 정상적으로 이루어질 수 있다. 그림 7은 확장 알고리즘을 이용하여 생성된 로케이션 맵의 구조의 예를 나타낸다.

3.5.2 추출 및 원본 이미지 복원 알고리즘

워터마크 추출 알고리즘에서는 우선 히스토그램의 최대점과 최소점을 찾는다. 최소점이 최대점의 좌측에 있는지 우측에 있는지 확인하여 페이로드 추출을 시작한다. 최대점의 좌, 우 지점을 이용하여 첫 번째 페이로드를 추출하고 추출한 페이로드에서 로케이션 맵을 얻어 최소점과 다음 최대 위치를 찾아낸다. 최소점을 이용하여 우선 첫 번째 복원을 수행한다. 이미지 복원 후 다음 최대 위치에서 또 다시 페이로드를 추출한다. 추출한 로케이션 맵에서 다음 최대 위치가 0이 될 때까지 위의 과정을 반복하여 한 쪽 방향에서 모든 페이로드가 추출되면 반대 방향에서 나머지 페이로드를 동일한 방식으로 추출한 후 기본 알고리즘 방법을 이용하여 원본 이미지를 복원할 수 있다.

4. 실험결과 및 분석

본 논문에서 제안한 리버서블 워터마킹 알고리즘의 비가시성 및 정보 삽입량을 확인하기 위하여 512×512 크기의 흑백 이미지를 사용하여 실험하였다.

표 1과 표 2는 각각 본 논문에서 제안한 기본 알고리즘과 Ni가 제안한 알고리즘의 실험 결과를 나타내고 있다. 실험 결과를 비교해보면 제안한 알고리즘이 PSNR과 삽입량 측면에서 다소 낮은 결과를 나타내고 있지만 Ni의 알고리즘은 페이로드 추출 및 원본 이미지의 복원을 위해 히스토그램의 최대점, 최소점의 위치 및 최소점에 해당하는 픽셀들의 정보를 워터마크 삽입이 아닌 오프라인 상으로 수신측에 전달해야 하는 단점이 있지만, 제안한 알고리즘은 부가 정보 전달 없이도 페이로드 추출 및 원본 이미지의 복원이 가능하게 하였다.

표 3은 로케이션 맵의 확장을 통해 페이로드 삽입 지점의 개수를 6개로 늘렸을 때의 PSNR과 정보 삽입량을 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 페이로드 삽입 지점의 개수를 6개까지 확장하였을 때 PSNR은 다소 낮아지지만, 2개를 선택했을 때보다 3배 이상 우수한 정보

표 1 제안한 알고리즘의 실험 결과

실험 이미지 (512×512×8)	PSNR (dB)	삽입량 (비트수)
Airplane	48.4	15,300
Baboon	44.5	5,328
Tiffany	44.5	8,578
House	48.4	12,225
Sailboat	48.3	7,051
Lena	48.2	5,336
Pepper	44.2	5,164

표 2 Ni 알고리즘의 실험 결과

실험 이미지 (512×512×8)	PSNR (dB)	삽입량 (비트수)
Airplane	48.3	16,171
Baboon	48.2	5,421
Tiffany	48.2	8,782
House	48.3	14,310
Sailboat	48.2	7,301
Lena	48.2	5,460
Pepper	48.2	5,449

표 4 9개의 에어리얼 이미지 실험 결과

실험 이미지 (512×512×8)	PSNR (dB)	삽입량 (비트수)
에어리얼 01	42.94	18,484
에어리얼 02	42.73	38,870
에어리얼 03	42.50	17,587
에어리얼 04	43.46	17,370
에어리얼 05	42.47	23,531
에어리얼 06	42.56	22,751
에어리얼 07	42.39	18,698
에어리얼 08	42.62	32,202
에어리얼 09	42.57	29,556

표 3 6개의 정보 삽입 지점을 선택했을 때의 삽입량

실험 이미지 (512×512×8)	PSNR (dB)	삽입량 (비트수)
Airplane	39.23	41,236
Baboon	35.22	15,507
Tiffany	36.33	24,727
Goldhill	38.89	14,911
House	39.09	30,309
Sailboat	39.94	20,003
Lena	39.33	15,323
Milk	39.07	32,409
Pepper	37.43	13,856

표 5에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘과 기존 다른 논문들과의 PSNR 및 정보 삽입량을 비교하였다. 제안한 알고리즘이 기존 다른 논문들에 비해 높은 정보 삽입량을 보임을 확인할 수 있다.

표 5 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 성능 비교

알고리즘	PSNR(dB)	삽입량(비트수)
Honsinger et al.'s[10]	Not mentioned	< 1,024
Macq and Deweyand[11]	Not mentioned	< 2,046
Fridrich et al.'s[12]	Not mentioned	1024
Goljan et al.'s[13]	39	3k-41k
Vleeschouwer et al.'s[14]	< 35	< 4,096
Xuan's[4]	24-36	15k-94k
Ni's[6]	> 48	5k-60k
Ours	27-48	5k-130k

삽입량을 나타냄을 확인할 수 있다.

그림 8과 표 4는 일반적인 실험 이미지 이외에 실험한 에어리얼 이미지의 예와 실험한 결과를 나타낸다. 표 4에서는 4개의 최대점을 선택하였을 때의 결과인데 응용에 적합한 PSNR과 정보 삽입량을 보이고 있다.

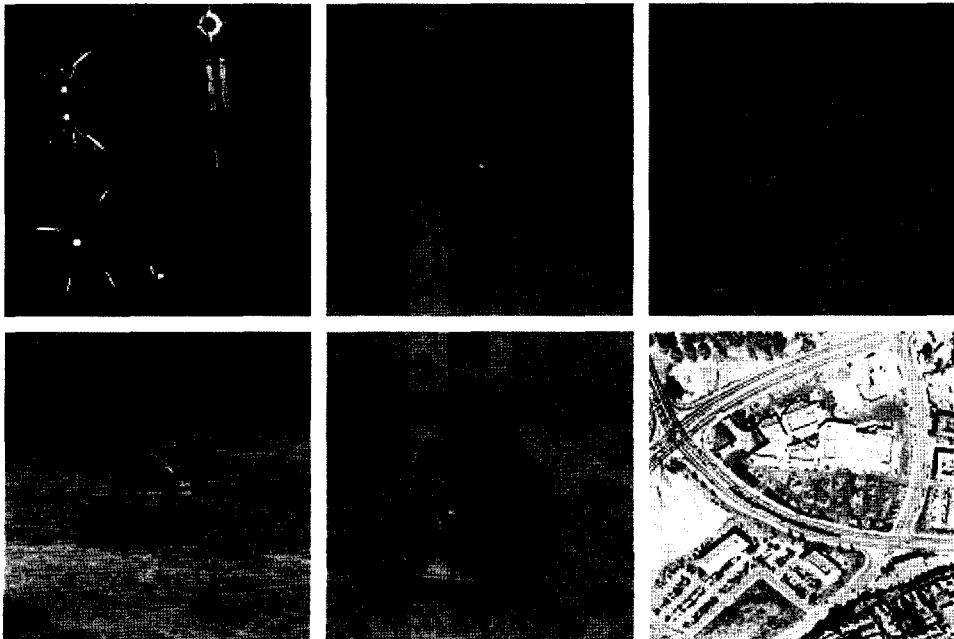


그림 8 실험에 사용한 에어리얼 이미지

## 5. 결론

본 논문에서는 이미지 히스토그램의 최대점과 로케이션 맵을 이용하여 이미지의 열화를 인지할 수 없도록 픽셀 값에 약간의 변화만을 주어 워터마크를 삽입하는 리버서블 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 히스토그램의 최대점과 로케이션 맵을 이용함으로써 Ni의 알고리즘이 가지고 있던 부가적인 정보를 전달할 필요가 없으며, 픽셀 값을 조금만 변화시키기 때문에 높은 비가시성을 얻을 수 있다. 본 논문에서 제안한 기본 알고리즘의 경우 로케이션 맵을 포함하더라도 Ni의 알고리즘과 거의 동일한 PSNR과 정보 삽입량을 보였으며, 확장 알고리즘의 경우 로케이션 맵을 확장하여 워터마크 삽입 지점에 대한 추가적인 정보를 삽입함으로써 반복적으로 정보를 삽입할 수 있게 되어 정보 삽입량을 증가시킬 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] J. Feng, I. Lin, C. Tsai, Y. Chu, "Reversible Watermarking: Current Status and Key Issues," in International Journal of Network Security, vol.2, no.3, pp. 161-171, 2006.
- [2] J. Fridrich, J. Goljan, and R. Du, "Invertible authentication," in SPIE Proceedings of Security and Watermarking of Multimedia Content, pp. 197-208, 2002.
- [3] J. Fridrich and M. Goljan, "Lossless data embedding for all image formats," in SPIE Proceedings of Photonics West, Electronic Imaging, Security and Watermarking of Multimedia Contents, vol. 4675, pp. 572-583, 2002.
- [4] G. Xuan, J. Zhu, J. Chen, Y. Q. Shi, Z. Ni, W. Su, "Distortionless Data Hiding Based on Integer Wavelet Transform," in IEE Electronics Letters, pp. 1646-1648, 2002.
- [5] J. Tian, "Wavelet-based reversible watermarking for authentication," in Proceedings of SPIE Sec. and Watermarking of Multimedia Contents. IV, vol. 4675, 2002.
- [6] Z. Ni, Y. Q. Shi, N. Ansari, and S. Wei, "Reversible data Hiding," in ISCAS Proceedings of the 2003 International Symposium on Circuits and Systems, vol. 2, pp. II-912-II-915, 2003.
- [7] Sang-Kwang Lee, Young-Ho Suh, Yo-Sung Ho, "Lossless Data Hiding Based on Histogram Modification of Difference Images," in PCM 2004, LNCS 3333, pp. 340-347, 2004.
- [8] M. U. Celik, G. Sharma, A. M. Tekalp, and E. Saber, "Reversible data hiding," in Proc. Of the IEEE International Conference on Image Processing, vol. II, pp. 157-160, 2002.
- [9] M. U. Celik, G. Sharma, A. M. Tekalp, and E. Saber, "Lossless generalized-lsb data embedding," in IEEE Transactions on Image Processing, vol. 14, no. 2, pp. 253-266, 2005.
- [10] C. W. Honsinger, P. Jones, M. Rabbani, and J. C. Stoffel, "Lossless Recovery of an Original Image Containing Embedded Data," U.S. Patent 6 278 791 B1, 2001.
- [11] B. Macq and F. Deweyand, "Trusted headers for medical Images," presented at the DFG VIII-D II Watermarking Workshop, 1999.
- [12] J. Fridrich, M. Goljan, and R. Du, "Invertible authentication," in Proc. SPIE Security Watermarking Multimedia Contents, pp. 197-208, 2001.
- [13] M. Goljan, J. Fridrich, and R. Du, "Distortion-free data embedding," in Proc. 4th Inf. Hiding Workshop, Pittsburgh, PA, Apr. 2001, pp. 27-41.
- [14] C. De Vleeschouwer, J. F. Delaigle, and B. Macq, "Circular interpretation on histogram for reversible watermarking," in IEEE Int. Multimedia Signal Process. Workshop, pp. 345-350, 2001.

### 황진하



2005년 상명대학교 소프트웨어학부 졸업(이학사). 2005년~현재 상명대학교 컴퓨터학과 석사과정. 2005년~현재 상명대학교 디지털저작권보호연구소 연구원 관심분야는 디지털워터마킹, 저작권관리 기술, 디지털 신호처리, 컴퓨터보안

### 김종원



1989년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1991년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 1996년~2000년 주성대학 정보통신학과 조교수. 2000년~2004년 (주)마크애니 부설연구소장. 2005년~현재 상명대학교 디지털저작권보호연구소 연구교수. 관심분야는 디지털워터마킹, 저작권보호 및 관리 기술, 디지털 신호처리

### 최종욱



1982년 아주대학교 산업공학과(공학사) 1982년 서울대학교 경영학과(석사수료). 1988년 University of South Carolina(MIS. Ph.D). 1988년~1991년 한국과학기술연구원 시스템공학연구소 선임연구원. 2000년~현재 (주)마크애니 대표이사. 1991년~현재 상명대학교 소프트웨어대학 교수. 관심분야는 디지털워터마킹, 저작권보호 및 관리 기술, 정보보호응용기술, 인공지능